



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 21 473 C 2

51 Int. Cl.⁷:
F 16 D 69/02
D 01 F 9/12
F 16 D 65/12
C 22 C 47/08

21 Aktenzeichen: 197 21 473.8-12
22 Anmeldetag: 22. 5. 1997
43 Offenlegungstag: 3. 12. 1998
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 11. 2002

DE 197 21 473 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE

74 Vertreter:

Grimm, E., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 63075 Offenbach

72 Erfinder:

Krenkel, Walter, 71272 Renningen, DE; Henke,
Thilo, 70329 Stuttgart, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 44 38 456 A1
DE-OS 21 30 433
US 27 67 817

DOLLHOPF, V., KRENKEL, W.: "Entwicklung inte-
graler Leichtbaustrukturen aus Faserkeramik",
in: VDI Berichte Nr.1080, 1994, S.473-482;

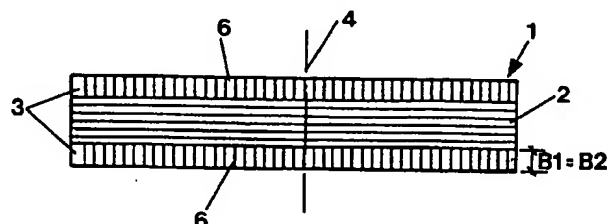
MÜHLRATZER, A.:

"Faserverbundkeramik-Entwicklung
und Einsatzmöglichkeiten", in: MAN-Forschen-Pla-
nen-Bauen, 12.08.1993, S.48-55;

KRENKEL, W., SCHANZ, P.: "Faserkeramiken - Werk-
stoffe für thermomechanisch hochbeanspruchte
Strukturen", in: DLR-Nachrichten, H.65, Nov.
1991, S.40-45;

54 Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper sowie Verfahren zur Herstellung einer solchen
Reibeinheit

57 Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegen-
körper, insbesondere Brems- oder Kupplungskörper, mit
einem Kernkörper und mindestens einem mit diesem fest
verbundenen Reibkörper mit einer frei zugänglichen
Reibfläche, wobei der Kernkörper und der Reibkörper im
wesentlichen aus einem mit Kohlenstoff-Fasern verstärk-
tem keramisierten Verbundwerkstoff gebildet sind, da-
durch gekennzeichnet, daß zumindest im Reibbereich (6)
mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers
(3) in ihrer Längserstreckung derart ausgerichtet sind,
daß sie mit der Flächennormalen der Reibfläche (6) einen
Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, daß die Kohlenstoff-Fasern im
Kernkörper (2) in ihrer Längserstreckung im wesentlichen
parallel zur Reibfläche (2) verlaufen und daß zumindest
die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) in Siliziumkar-
bid eingebettet sind, das durch Flüssiginfiltration von Si-
lizium und Reaktion mit Kohlenstoff gebildet ist.



DE 197 21 473 C 2

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere Brems- oder Kupplungskörper, mit einem Kernkörper und mindestens einem mit diesem fest verbundenen Reibkörper mit einer frei zugänglichen Reibfläche, wobei der Kernkörper und der Reibkörper im wesentlichen aus einem mit Kohlenstoff-Fasern verstärktem keramisierten Verbundwerkstoff gebildet sind.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere von Brems- oder Kupplungskörpern, bei dem ein erster und mindestens ein zweiter kohlenstoff-faserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt werden, wobei der eine Kohlenstoffkörper zur Bildung eines Reibkörpers und der andere Körper zur Bildung eines Kernkörpers dient, die vor oder nach ihrem Zusammenbau mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert werden.

[0003] Eine Reibeinheit der vorstehend angegebenen Art ist aus der DE-A1 44 38 456 bekannt. Der prinzipielle Aufbau dieser Reibeinheit ist darin zu sehen, daß sie zweiteilig aus einem Kernkörper und mindestens einem Reibkörper besteht, wobei der Reibkörper mit dem Kernkörper auf seiner der Reibfläche abgekehrten Seite verbunden ist. Die Verbindung beider Körper erfolgt über eine hochtemperaturbeständige Verbindungsschicht, die vorzugsweise mindestens 30 Vol.-% Siliziumkarbid enthält. Ein grundsätzliches Problem solcher Reibeinheiten, beispielsweise von Brems-scheiben bzw. bei Bremsscheiben überhaupt, ist dasjenige, die auf der Reibfläche gebildete Wärme schnell abzuführen. Aus diesem Grund weist der Körper einer solchen Brems-scheibe Hohlräume auf, die ausreichend Kühlluft zu der Innenseite des Reibkörpers zuführen. Aufgrund dieser Kühlkanäle und Hohlräume wird eine große Oberfläche bereitgestellt, um Wärme an die Umgebungsluft abzuführen. Voraussetzung für eine ausreichende Kühlung ist demnach, daß eine solche Reibeinheit bzw. Bremsscheibe von der Innenseite über die Hohlräume belüftet wird.

[0004] Weiterhin sind in Krenkel, W.; Schanz, P.: "Faserkeramiken-Werkstoffe für thermomechanisch hochbeanspruchte Strukturen", DLR-Nachrichten, Heft 65, November 1991, S. 40-45, zukünftige Anwendungen von Faserkeramiken in Triebwerken und Hitzeschutzsystemen diskutiert. Unter anderem wird dort auf Seite 44, rechte Spalte, 3. Absatz, angesprochen, daß die Wärmeleitung von Kohlenstoff-Fasern in Längsrichtung am größten ist und daß diese Verhaltensweise zur Minimierung von Wärmespannungen ausgenutzt werden kann.

[0005] Ausgehend von dem vorstehend angegebenen Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Reibeinheit, insbesondere eine Bremsscheibe, der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß die auf der Reibfläche entstehende Wärme effektiv abgeführt wird.

[0006] Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß eine solche Reibeinheit unter einem einfach handhabbaren Verfahrensablauf herstellbar ist.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einer Reibeinheit mit den Merkmalen, wie sie eingangs abgegeben sind, dadurch gelöst, daß zumindest im Reibbereich mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers in ihrer Längserstreckung derart ausgerichtet sind, daß sie mit der Flächennormalen der Reibfläche einen Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, daß die Kohlenstoff-Fasern im Kernkörper in ihrer Längser-

streckung im wesentlichen parallel zur Reibfläche verlaufen und daß zumindest die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers in Siliziumkarbid eingebettet sind, das durch Flüssiginfiltration von Silizium und Reaktion mit Kohlenstoff gebildet ist.

[0008] Verfahrensgemäß wird die Aufgabe, ausgehend von einem Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen, dadurch gelöst, daß für den Reibkörper eine Vorform hergestellt wird, in der mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern zu einer Längsachse derart ausgerichtet sind, daß sie mit der Längsachse einen Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, daß dieser Vorkörper in Scheiben im wesentlichen senkrecht zu seiner Längsachse unterteilt wird, mit einer Scheibendicke, die der Dicke des Reibkörpers entspricht, und daß die Scheibe(n) auf den Kernkörper aufgelegt wird (werden) derart, daß die Längsachse in Richtung der Flächennormalen der zu bildenden Reibfläche verläuft.

[0009] Mit diesen erfindungsgemäßen Maßnahmen werden die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers im Bereich der Reibfläche bevorzugt so orientiert, daß sie im wesentlichen in Richtung der Flächennormalen der Reibfläche verlaufen und somit eine bevorzugte Wärmetransportrichtung von der Reibfläche weg aufweisen. Insofern wird ein definierter Wärmegradient von der Reibfläche zu dem Kernkörper hin eingestellt. Durch den schnellen Abtransport der Wärme über die im wesentlichen senkrecht zur Reibfläche verlaufenden Fasern kann der Temperaturanstieg beim reibenden Eingriff der Reibfläche mit einem Gegenkörper in dem zu der Reibfläche nahen Bereich des Reibkörpers gering gehalten werden, so daß die Reibeigenschaften, die stark von der Temperatur an der Reiboberfläche abhängig sind, im wesentlichen bei den unterschiedlichen Betriebsbedingungen und Belastungen beibehalten werden. Weiterhin wird der Verschleiß an der Reiboberfläche gering gehalten, der ansonsten mit zunehmender Reibflächentemperatur stark ansteigt. Der zumindest zweiteilige Aufbau der Reibeinheit mit einem Reibkörper und einem Kernkörper hat den Vorteil, daß die Reibeinheit mit der Orientierung der Fasern für einen optimalen Wärmeabtransport konfiguriert werden kann, während der Kernkörper so abgestimmt wird, daß er zu einem hohen Festigkeit aufweist, zum anderen aber dennoch die Wärme, die von dem Reibkörper abgeführt wird, aufnimmt und sie über seine freien Oberflächen an die Außenumgebung abgibt. Die mindestens zwei Kohlenstoffkörper, aus denen die Reibeinheit aufgebaut wird, können zum einen als sogenannte Vorformen gefertigt werden, indem zunächst das Fasergerüst erstellt wird, mit der erfindungsgemäßen Faserorientierung, dann die beiden Körper zusammengesetzt werden, um dann anschließend die gesamte Struktur, die durch eine zuvor gebildete Mikrorißstruktur durchzogen wird, mit flüssigem Silizium zu infiltrieren. Hierdurch ergibt sich eine homogene Struktur des Matrixmaterials. Eine andere Verfahrensweise ist diejenige, sowohl den Kernkörper als auch den oder die Reibkörper gesondert herzustellen, zu keramisieren und dann mit speziellen Verbindungstechniken zu der Endstruktur zusammenzufügen. Die erstere Verfahrensweise ist allerdings als die bevorzugtere anzusehen.

[0010] Schließlich bietet der zweiteilige Aufbau zusätzlich den Vorteil, daß, unter geeigneter Materialauswahl und Verbindungstechniken zwischen dem Reibkörper und dem Kernkörper, der Reibkörper nach einer zu starken Abnutzung durch einen neuen Reibkörper mit ausreichender Dicke ersetzt werden kann, der dann an dem ursprünglichen Kernkörper wieder fest angebracht wird, wozu sich eine Verbindungstechnik mittels einer Siliziumkarbid bildenden Paste anbietet, die unter Wärmeeinwirkung keramisiert wird.

[0011] Der Anteil solcher senkrecht zur Oberfläche bzw.

in Richtung der Flächennormalen der Reibfläche verlaufen. Die Fasern sollten mehr als 75% betragen; vorzugsweise liegt dieser Anteil sogar bei über 90%. Bevorzugt beträgt der Winkel zwischen der Flächennormalen und der Längsachse der Fasern des Reibkörpers $< 30^\circ$, noch bevorzugter maximal 10° ; im Idealfall würden diese Fasern senkrecht zur Reibfläche oder parallel zu der Flächennormale der Reibfläche enden. Im Idealkörper werden die Faser durch Faserbündel gebildet, deren Fasern im wesentlichen zueinander parallel ausgerichtet sind und in Richtung der Flächennormalen verlaufend, zumindest im Oberflächenbereich der Reibfläche, orientiert sind. Hierdurch wird eine optimierte Wärmeleitung von der Reibfläche weg zu dem Kernkörper hin erzielt.

[0012] Im Gegensatz zu dem Aufbau des Reibkörpers, wo die Fasern im wesentlichen parallel zu der Flächennormalen der Reibfläche verlaufen, sollten die Fasern im Kernkörper in ihrer Längserstreckung im wesentlichen parallel zur Reibfläche verlaufen, zumindest ein Anteil von mindestens 50% der Fasern im Kernkörper. Dadurch wird die von der Reibfläche und dem Reibkörper abgeführte Wärme in radialer Richtung über den gesamten Kernkörper verteilt, so daß die Wärme über die Außenflächen des Kernkörpers an die Umgebung abgeführt werden kann. Hierdurch entsteht ein definierter Wärmegradient von der Reibfläche des Reibkörpers zu den freien Flächen des Kernkörpers hin.

[0013] Eine noch bessere Wärmeabfuhr von der Reibfläche kann dadurch erreicht werden, daß die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen als die Kohlenstoff-Fasern des Kernkörpers. Als solche Fasern, vorzugsweise Endlos-Fasern, aus denen der Kernkörper aufgebaut wird, um diese höhere Wärmeleitfähigkeit zu erzielen, kommen bevorzugt Hoch-Modul-Fasern mit einem Zug-E-Modul größer als 300 GPa in Betracht, insbesondere solche auf Polyacrylnitril-(PAN-) oder Pech-

basis. [0014] Die erfindungsgemäße Reibeinheit wird bevorzugt aus einem Kohlenstoff-Faserkörper mit der jeweiligen, bevorzugten Orientierung der Fasern im Bereich des Reibkörpers und der Kernkörper aufgebaut, wobei die Fasern des Reibkörpers und/oder des Kernkörpers in einer weiteren, bevorzugten Ausbildung in Siliziumkarbid eingebettet werden. Dieses Siliziumkarbid wird während der Herstellung der Reibeinheit in Form von flüssigem Silizium in eine Mikrostruktur im Bereich des vorbereiteten Kohlenstoff-Fasergerüsts infiltriert und unter Wärmeeinwirkung mit Kohlenstoff zu Siliziumkarbid umgewandelt. Auf diese Art und Weise ist es möglich, einen porösen Vorkörper als Rohling zu fertigen, der die jeweiligen Orientierungen der Fasern der Reibkörper und der Kernkörper in ihren Vorzugsrichtungen umfaßt, wonach dann die Einheit mit der Infiltration von Silizium und der Wärmebehandlung zu einem festen Verbundkörper fertiggestellt wird.

[0015] Grundsätzlich gestaltet sich die Herstellung des Reibkörpers schwierig, wenn ein hoher Anteil der Fasern parallel zueinander verlaufen soll mit einer Ausrichtung dergestalt, daß ein Großteil der Fasern, vorzugsweise Endlos-Fasern, senkrecht zu der Reibfläche verlaufend enden. Um dies in einfacher Weise zu erreichen, wird der Reibkörper aus Segmentteilen aufgebaut, die auf den Kernkörper aufgelegt werden. Bei einer Scheibenform sollten vorzugsweise solche Segmente Kreissegmente sein, die sich von einem gemeinsamen Mittelpunkt, bei dem es sich um die Drehachse der Scheibe handeln kann, radial nach außen erstrecken. Hierdurch wird ein gleichmäßiger, punktsymmetrischer Aufbau erzielt, so daß eine gleichmäßige Wärmeverteilung über die Reibfläche des Reibkörpers erreicht werden kann. Diese Segmentteile müssen nicht nur an dem Kernkörper

ausreichend verankert werden, sondern sollten auch miteinander form- und/oder kraftschlüssig verbunden werden. Hierzu werden die einzelnen, aneinandergrenzenden Segmentteile miteinander mittels Vertiefung und/oder Nuten und Stegen und/oder Zapfen verbunden, die ineinandergreifen, so daß ein einheitliches, festes Gebilde erzielt wird, das den Reibkörper darstellt. Die einzelnen Segmentteile können auch mittels dünner Bolzen, die sich durch entsprechende Bohrungen der Segmentteile erstrecken, zusätzlich befestigt werden. Diese Verfahrensweise ist beispielsweise bei rechteckigen Reibeinheiten, wie beispielsweise Bremsklötzen, möglich und geeignet.

[0016] Unter dem Begriff Reibeinheit, wie er hier verwendet wird, sind nicht nur Bremsscheiben und Bremsklötze zu verstehen, sondern auch Reibbeläge, die für Kupplungen, oder dergleichen, eingesetzt werden.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des verfahrensgemäßen Aufbaus ergeben sich aus den verfahrensgemäßen Unteransprüchen.

[0018] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung ersichtlich. In der Zeichnung zeigt

[0019] Fig. 1 eine perspektivische, schematische Darstellung einer Reibeinheit in Form einer Bremsscheibe, die mit einem Kernkörper und zwei Reibkörpern aufgebaut ist, wobei der strukturelle Aufbau der Reibkörper angedeutet gezeigt ist,

[0020] Fig. 2 einen Schnitt entlang der Schnittlinie II-II in Fig. 1,

[0021] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines plattenförmigen Aufbaus einer Reibeinheit mit einem Kernkörper und einem Reibkörper,

[0022] Fig. 4 schematisch einen Längsschnitt durch einen segmentierten Reibkörper, um verschiedene Verbindungsarten zwischen benachbarten Segmenten zu zeigen,

[0023] Fig. 5 eine Ausführungsform eines Vorkörpers zur Herstellung von Segmenten, die zum Aufbau eines Reibkörpers verwendet werden,

[0024] Fig. 6 den Aufbau eines Reibkörpers aus Segmenten, die durch Unterteilen eines Vorkörpers, wie er in Fig. 5 dargestellt ist, erhalten sind,

[0025] Fig. 7 einen Vorkörper entsprechend der Fig. 5, wobei aus diesem Vorkörper Kreissegmentabschnitte gefertigt werden, die dazu herangezogen werden, den Reibkörper einer Bremsscheibe aufzubauen, wie dieser in Fig. 1 dargestellt ist, und

[0026] Fig. 8 einen weiteren Vorkörper, der in seinem grundsätzlichen Aufbau der Ausführungsform der Fig. 5 und 7 entspricht, wobei aus diesem Vorkörper scheibenförmige Segmente mit einer Faserorientierung im wesentlichen unter 45° zu der zu bildenden Reibfläche herausgeschnitten werden.

[0027] In Fig. 1 ist schematisch eine Bremsscheibe 1 dargestellt, die dreiteilig aus einem mittleren, scheibenförmigen Kernkörper 2 und zwei die axialen Flächen des Kernkörpers belegenden Reibkörpern 3 zusammengesetzt ist. Die Drehachse bzw. der Mittelpunkt der Bremsscheibe ist mit dem Bezugszeichen 4 bezeichnet. Wie in Fig. 1 angedeutet ist, sind die Reibkörper 3 aus einzelnen Kreis-Segmenten 5 aufgebaut, die sich von dem Mittelpunkt 4 aus erstrecken und einen Winkelabschnitt von 45° , oder geringer, belegen.

[0028] Der Kernkörper 2 und die Reibkörper 3 dieser Bremsscheibe 1 sind aus einem mit Kohlenstoff-Fasern verstärktem, keramisierten Verbundwerkstoff gebildet. Wesentlich hierbei ist, daß in dem Kernkörper 2 die Kohlenstoff-Fasern im wesentlichen senkrecht zu der Drehachse 4 bzw.

parallel zu der Reibfläche 6 der Reibkörper 3 verlaufen, während die Kohlenstoff-Fasern in den Reibkörpern 3 parallel zur Achse 4 bzw. parallel zu der auf der Reibfläche 3 bestehenden Flächennormalen ausgerichtet sind. In Fig. 2 ist hierbei schematisch der Idealfall dargestellt, d. h. ein möglichst hoher Anteil der Fasern in den Reibkörpern 3 soll die gezeigte Orientierung aufweisen, während die Orientierung der Fasern in dem Kernkörper 2 senkrecht dazu liegt. Durch diese Faserorientierung wird die an der Oberfläche bzw. der Reibfläche 6 entstehende Wärme beim reibenden Eingriff der Bremsscheibe mit einem Gegenkörper (Bremsklotz) zu dem Kernkörper 2 hin abgeführt werden, der die Wärme, durch die definierte Faserorientierung, radial nach außen abgeführt. Dieser Wärmefluß kann dadurch unterstützt werden, daß für die Kohlenstoff-Fasern solche eingesetzt sind, die gut wärmeleitend sind. Geeignet sind dabei Hoch-Modul-Fasern mit einem Zug-E-Modul > 300 GPa. Der Wärmegradient bzw. die Leitung der Wärme von der Reibfläche 6 weg kann bereits dadurch erzielt werden, daß mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern in ihrer Längserstreckung derart ausgerichtet sind, daß sie mit der Flächennormalen der Reibfläche 6 einen Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, wobei allerdings kleinere Winkel zur Flächennormalen zu bevorzugen sind. Die ideale Ausrichtung der Fasern senkrecht zur Reibfläche 6 bzw. parallel zu der Flächennormalen kann zum einen durch den Anteil der Fasern, die zu dieser Richtung ausgerichtet sind, eingestellt werden, aber auch durch einen möglichst geringen Winkel abweichend zu dieser senkrecht zur Reibfläche 6 verlaufenden Orientierung.

[0029] In Fig. 3 ist nun ein Aufbau eines Reibkörpers, beispielsweise eines Bremsklotzes, dargestellt, der zweiteilig aus einem Kernkörper 2 und einem Reibkörper 3 aufgebaut ist. Wiederum ist der Reibkörper 3 aus einzelnen Segmenten, allerdings aus Rechteck-Segmenten 7, aufgebaut, wie auf der vorderen Stirnfläche in Fig. 3 des Reibkörpers 3 zu erkennen ist. Die Mehrzahl der Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers 3 ist so ausgerichtet, daß sie senkrecht zu der Reibfläche 6 verlaufen.

[0030] Da es relativ aufwendig ist, unter üblichen Herstelltechniken flache, plattenförmige Teile herzustellen, bei denen die Mehrzahl der Fasern in der Dicken-Richtung der Platte verläuft, sind in den Fig. 5, 7 und 8 verschiedene Möglichkeiten gezeigt, die Segmente 5 oder 7 für die Reibkörper 3 herzustellen.

[0031] Zunächst wird ein kohlenstoff-faserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt, der eine bevorzugte Orientierung der Kohlenstoff-Fasern in einer gegebenen Richtung aufweist, beispielsweise in X-Richtung, betrachtet man den Vorkörper 8 der Fig. 5. Diese Faserorientierung ist schematisch in Fig. 5 zu sehen, wobei an dem Detail-Ausschnitt 9 zu erkennen ist, daß dieser Vorkörper 8 aus mehreren Gewebelagen aus Kohlenstoff-Fasern, in der Z-Richtung geschichtet, aufgebaut ist. Dieser Kohlenstoff-Faserkörper erhält dann eine geeignete Mikrorißstruktur, die vorzugsweise dadurch erzeugt wird, daß das Kohlenstoff-Fasergerüst mit einem Polymer getränkt und anschließend eine Pyrolyse durchgeführt wird.

[0032] Nachdem ein Vorkörper hergestellt ist, wie er in Fig. 5 dargestellt ist, werden einzelne Rechteck-Segmente 7 entlang der in der Y-Z-Richtung verlaufenden Schnittlinie 10 abgetrennt. Anschließend werden diese Rechteck-Segmente 7 mit ihren Stirnflächen, die bei dem Vorkörper 8 der Fig. 5 in der X-Y-Richtung liegen, aneinandergefügt, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist. Entsprechend der Dicke D des Vorkörpers 8 entsteht dadurch ein plattenförmiger Reibkörper 3, der eine Länge von 4D, eine Höhe H1 sowie eine Breite B1 besitzt (diese Bezeichnungen sind konsistent in den Fig. 5 und 6 angegeben). Wie weiterhin anhand der Fig.

5 zu sehen ist, können die Rechteck-Segmente auch durch aus dem Vorkörper 8 durch Abtrennen von Rechteck-Segmenten 7 entlang der Schnittlinien 11, die in der X-Z-Richtung verläuft, erhalten werden, wobei dann diese einzelnen Rechteck-Segmente wiederum an ihren Längsseiten miteinander verbunden werden, so daß sich dann der Reibkörper 3 der Fig. 6 mit einer Höhe H2, einer Breite B2 und einer Länge 4D ergibt. Es wird allerdings ersichtlich, daß sich unter Anwendung der letzteren Verfahrensweise des Aufbaus des Vorkörpers 8 ein geringerer Anteil der Kohlenstoff-Fasern der einzelnen Rechteck-Segmente 7 senkrecht zu der Reibfläche erstreckt als dann, wenn die einzelnen Rechteck-Segmente aus dem Vorkörper 8 durch Unterteilung der Rechteck-Segmente 7 entlang der Schnittlinie 10 gebildet werden.

[0033] Ein Reibkörper 3, wie er in Fig. 6 gezeigt ist, wird dann auf einem Kernkörper 2 befestigt, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Danach wird die Mikrorißstruktur mit flüssigem Silizium infiltriert, und zwar unter Wärmeeinwirkung mit Temperaturen im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre, so daß sich das infiltrierte Silizium mit Kohlenstoff, und zwar unter der Wärmeeinwirkung, zu Siliziumkarbid umwandelt. Mit dieser Verfahrenstechnik ist es möglich, zunächst einen porösen Kohlenstoffkörper als Rohling zu fertigen, der eine definierte Form aufweist, um ihn erst dann nach der Infiltration von Silizium und der Wärmebehandlung zu einem Verbundkörper zu verfestigen bzw. zu keramisieren, bei dem die Kohlenstoff-Fasern in Siliziumkarbid eingebettet sind. Gleichzeitig erfolgt die Verbindung zwischen dem Kernkörper 2 und dem Reibkörper 3 mit einer Verbindungsschicht 12.

[0034] Falls die Teile bereits keramisiert sind, bevor sie zusammengefügt werden, bietet sich zur Verbindung der Bauteile eine Siliziumkarbid-Verbindungsschicht an. Zur Bildung dieser Schicht kann eine an Kohlenstoff reiche Paste unter Zugabe von pulverförmigem und/oder flüssigem Silizium verwendet werden; dies ergibt ein mit dem Material des Kernkörpers 2 und des Reibkörpers 3 artgleiches und somit kompatibles Material, so daß eine hochfeste Verbindung erzielt wird.

[0035] Die vorstehend angegebene Technik und Verfahrensweise zum Aufbau der Reibeinheit ist auch dazu geeignet, den einen Teil zu keramisieren und mit einem porösen Vorformkörper, beispielsweise dem Reibkörper, zu verbinden, bevor dann der Reibkörper mit flüssigem Silizium infiltriert wird. Dieser Ablauf kann zum Beispiel dann von Vorteil sein, wenn eine abgenutzte Reibeinheit mit einem neuen Reibkörper versehen werden soll.

[0036] Um Kreis-Segmente 5 herzustellen, mit denen ein Reibkörper 3 aufgebaut werden kann, der sich für die in Fig. 1 gezeigte Bremsscheibe 1 eignet, wird wiederum, in einer bevorzugten Verfahrensweise, ein Vorkörper 8 aufgebaut, der in seinem Aufbau dem Vorkörper 8 entspricht, der anhand der Fig. 5 vorstehend erläutert ist. Aus diesem Vorkörper 8 werden, wie in Fig. 7 angedeutet ist, entlang der Schnittlinie 10 (in der Y-Z-Richtung) Scheiben abgetrennt, die der Dicke D des Reibkörpers 3 entsprechen. Aus diesem zunächst rechteckigen Segment werden dann drei Kreis-Segmente 5 herausgeschnitten mit Schnitten, die in der X-Y-Richtung verlaufen. Wie anhand der Fig. 7 zu erkennen ist, können aus einer rechteckigen Scheiben insgesamt drei Segmente 5 erhalten werden, ohne Abfälle zu erhalten. Diese Segmente 5 werden dann auf den Kernkörper 2 aufgelegt, wie dies anhand der Fig. 1 gezeigt ist. Falls die Teile bereits keramisiert sind, kann die Verbindung der Segmente 5 an dem Kernkörper 2 wiederum mittels einer Siliziumkarbid bildenden Paste erfolgen. Die gleiche Verbindungstechnik kann auch dazu verwendet werden, die aneinanderstoßen-

den Stirnflächen benachbarter Segmente miteinander zu verbinden, um Verbundkörper zu erhalten, wie sie in den Fig. 1 und 3 dargestellt sind.

[0037] Es kann von Vorteil sein, die aneinanderstoßenden Stirnflächen 13 der Kreis-Segmente 5 oder der Rechteck-Segmente 7 kraft- und/oder formschlüssig miteinander zu verbinden. Hierzu sind in Fig. 4 verschiedene Verbindungsmöglichkeiten dargestellt, wie beispielsweise eine Zapfen-Verbindung 14, wobei an dem einen Vorkörper beispielsweise ein Zapfen 15 gebildet ist, der in einer entsprechenden Nut 16 in den daran angrenzenden Vorkörper eingreift. Eine weitere Möglichkeit besteht auch darin, den Reibkörper 1 zu schichten, wie dies in der rechten Hälfte der Fig. 4 schematisch dargestellt ist, in dem beispielsweise Segmente mit einer abgeschrägten Fläche keilförmig aufeinanderliegen oder die Segmente mit in X-Richtung versetzten Stirnflächen 13 in Z-Richtung geschichtet sind.

[0038] Während anhand der Fig. 5 und 7 die Bildung von Segmenten mit im wesentlichen senkrecht zu den Flächennormalen der Reibflächen verlaufenden Fasern gezeigt wurden, ist in Fig. 8 eine Möglichkeit angedeutet, eine Faserorientierung zu der Flächennormalen einer Reibfläche 6 unter einem abweichenden Winkel herzustellen. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, können in den Vorkörper 8 Schnittlinien 17 gelegt werden, die unter 45° zu der X-Richtung verlaufen. Hierdurch ergeben sich Segmentplatten 18, bei denen die einzelnen Fasern unter 45° zu der Flächennormalen der zu erstellenden Reibfläche bzw. zu den Flächennormalen, die auf den Schnittflächen 17 stehen, verlaufen. In Fig. 8 ist die Breite D angegeben, die der Breite bzw. Länge D in Fig. 6 entspricht, so daß die Segmentplatten 18 der Darstellung der Fig. 6 zugeordnet werden können. Natürlich können aus diesen Segmentplatten 18 auch Kreis-Segmentteile 5 hergestellt werden, wie dies anhand der Fig. 7 erläutert ist.

Patentansprüche

1. Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere Brems- oder Kupplungskörper, mit einem Kernkörper und mindestens einem mit diesem fest verbundenen Reibkörper mit einer frei zugänglichen Reibfläche, wobei der Kernkörper und der Reibkörper im wesentlichen aus einem mit Kohlenstoff-Fasern verstärktem keramisierten Verbundwerkstoff gebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest im Reibbereich (6) mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) in ihrer Längserstreckung derart ausgerichtet sind, daß sie mit der Flächennormalen der Reibfläche (6) einen Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, daß die Kohlenstoff-Fasern im Kernkörper (2) in ihrer Längserstreckung im wesentlichen parallel zur Reibfläche (2) verlaufen und daß zumindest die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) in Siliziumkarbid eingebettet sind, das durch Flüssiginfiltration von Silizium und Reaktion mit Kohlenstoff gebildet ist.
2. Reibeinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anteil der im Reibbereich (6) ausgerichteten Kohlenstoff-Fasern mehr als 75% beträgt.
3. Reibeinheit nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anteil mehr als 90% beträgt.
4. Reibeinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eingeschlossene Winkel $< 30^\circ$ beträgt.
5. Reibeinheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eingeschlossene Winkel maximal 10° beträgt.
6. Reibeinheit nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers

(3) nahezu parallel zur Flächennormalen der Reibfläche (6) verlaufen.

7. Reibeinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß nahezu die gesamten Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) parallel zueinander und in Richtung der Flächennormalen der Reibfläche verlaufen.

8. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen als die Kohlenstoff-Fasern des Kernkörpers (2).

9. Reibkörper nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kohlenstoff-Fasern des Reibkörpers (3) Hoch-Modul-Fasern mit einem Zug-E-Modul > 300 GPa sind.

10. Reibeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kohlenstoff-Fasern des Kernkörpers (2) in Siliziumkarbid eingebettet sind, das durch Flüssiginfiltration von Silizium und Reaktion mit Kohlenstoff gebildet ist.

11. Reibeinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reibkörper (3) aus Segmentteilen (5, 7), die auf dem Kernkörper (2) aufliegen, gebildet ist.

12. Reibeinheit nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Segmente Kreis-Segmente (5) sind, die sich von einem gemeinsamen Mittelpunkt (4) radial erstrecken.

13. Reibeinheit nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß aneinandergrenzende Segmentteile (5, 7) form- und/oder kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

14. Reibeinheit nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Segmentteile (5, 7) mittels Vertiefungen und/oder Nuten (16) und Stegen und/oder Zapfen (15) miteinander verbunden sind.

15. Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit zum reibenden Eingriff mit einem Gegenkörper, insbesondere von Brems- oder Kupplungskörpern, bei dem ein erster und mindestens ein zweiter kohlenstoff-faserverstärkter, poröser Kohlenstoffkörper bereitgestellt werden, wobei der eine Kohlenstoffkörper zur Bildung eines Reibkörpers und der andere Körper zur Bildung eines Kernkörpers dient, die vor oder nach ihrem Zusammenbau mit flüssigem Silizium bei einer Temperatur im Bereich von 1410°C bis 1700°C in einer eingestellten Atmosphäre infiltriert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Reibkörper eine Vorform hergestellt wird, in der mindestens 50% der Kohlenstoff-Fasern zu einer Längsachse derart ausgerichtet sind, daß sie mit der Längsachse einen Winkel $\leq 45^\circ$ einschließen, daß dieser Vorkörper in Scheiben im wesentlichen senkrecht zu seiner Längsachse unterteilt wird, mit einer Scheibendicke, die der Dicke des Reibkörpers entspricht, und daß die Scheibe(n) auf den Kernkörper aufgelegt wird (werden) derart, daß die Längsachse in Richtung der Flächennormalen der zu bildenden Reibfläche verläuft.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kernkörper mit der (den) aufgelegten Scheibe(n) und/oder die Fügestellen zwischen benachbarten Scheiben über eine mindestens 30 Vol.-% Siliziumkarbid enthaltende Verbindungsschicht miteinander verbunden werden.

17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorform aus zweidimensionalen Kohlenstoff-Faser-Geweben und/oder -Gewirken und/oder aus eindimensionalen Kohlenstoff-Faser-Gelegen geschichtet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**

zeichnet, daß die Schichtung in Form eines Wickelkörpers vorgenommen wird, wobei die Achse des Wickelkörpers der Längsachse entspricht.

19. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernkörper mit aus der Vorform hergestellten Segmenteilen zur Bildung des Reibkörpers belegt wird. 5

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

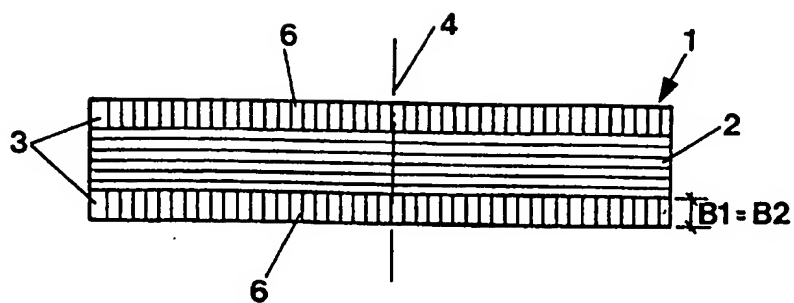


FIG. 2

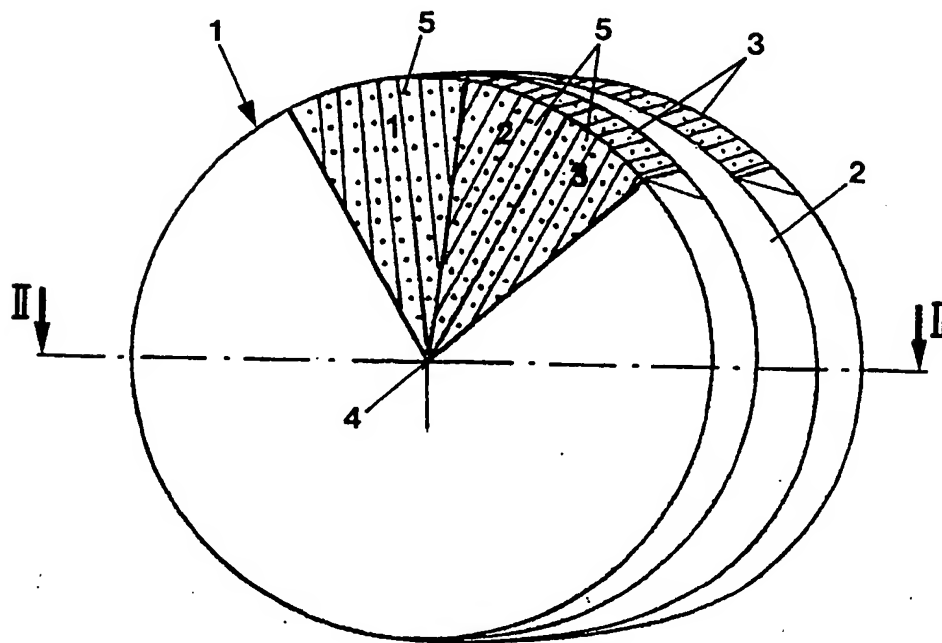


FIG. 1

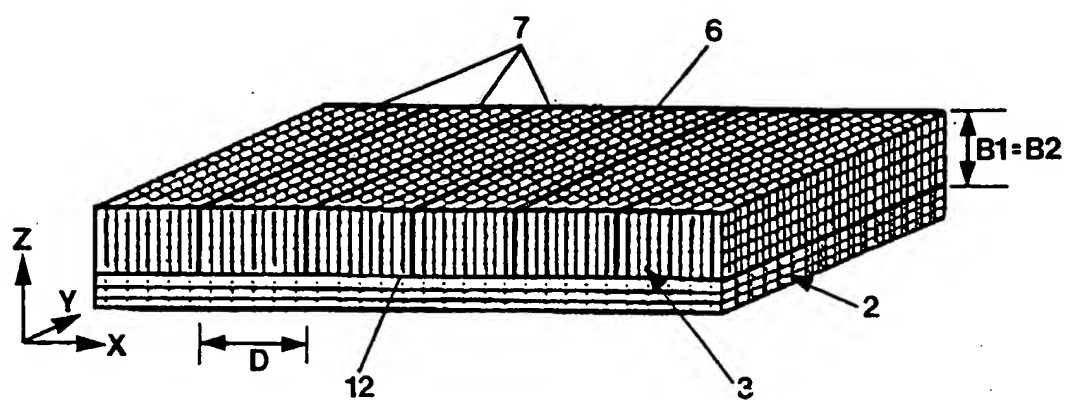


FIG. 3

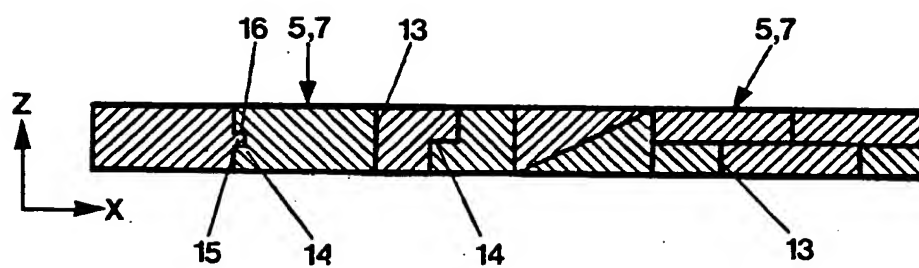


FIG. 4

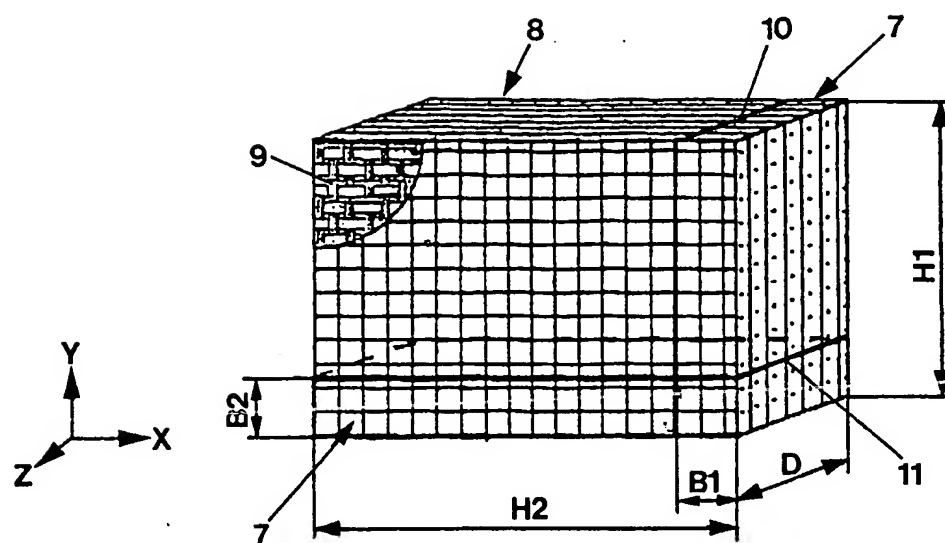


FIG. 5

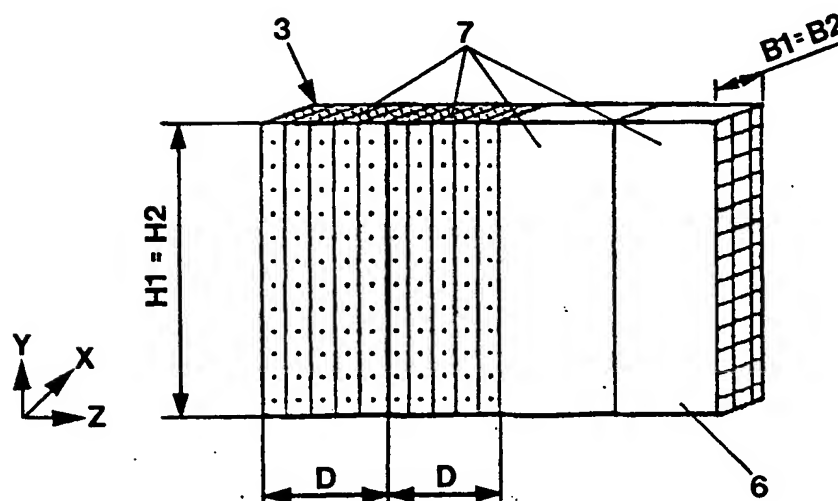


FIG. 6

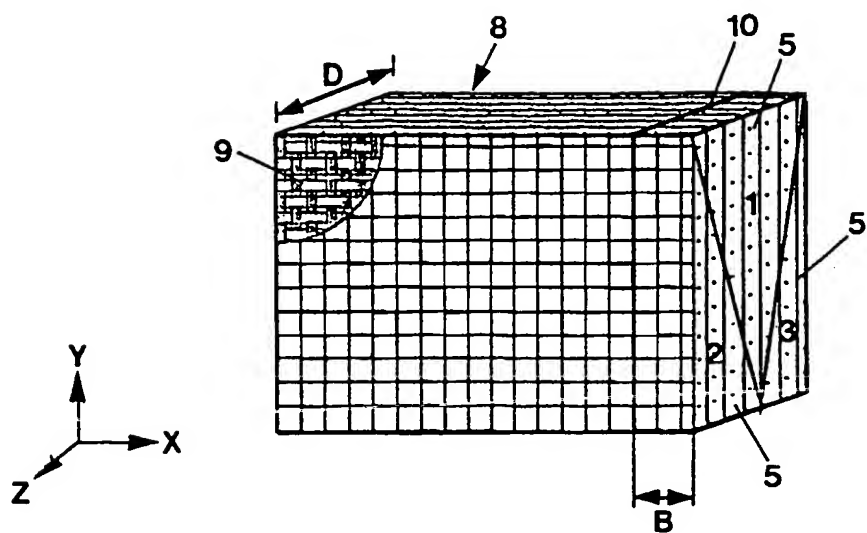


FIG. 7

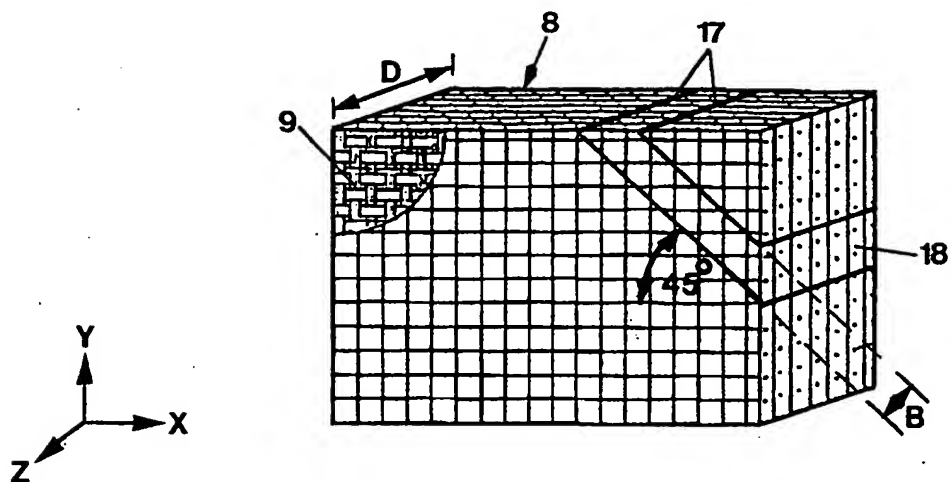


FIG. 8